

TROCAS GASOSAS EM AMBIENTE CULTIVADO COM CANA-DE- -AÇÚCAR SOB INUNDAÇÃO E POSTERIOR REBAIXAMENTO DO LENÇOL FREÁTICO

Antonio Clarette Santiago Tavares¹

Sergio Nascimento Duarte²

Nildo da Silva Dias³

Cleyton dos Santos Fernandes⁴

Jarbas Honorio de Miranda⁵

Oswaldo Nogueira de Sousa Neto⁶

RESUMO: É de interesse agrônomo conhecer os mecanismos fisiológicos das plantas mesófitas sob aeração deficiente no solo. Assim, objetivou-se neste trabalho quantificar as trocas gasosas que ocorrem em ambiente cultivado com cana-de-açúcar sob inundação e posterior rebaixamento do lençol freático durante os diferentes estádios de desenvolvimento da planta. Um experimento em ambiente protegido foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, arranjado em esquema fatorial 3 x 5, sendo os fatores velocidades de rebaixamento do nível freático (0,3 m em 3, 6, 9, 12 e 15 dias) e 3 estádios de desenvolvimento (67, 210 e 305 dias após o plantio - DAP) da cultura, com 4 repetições. Os resultados da pesquisa mostraram que os valores médios de oxigênio dissolvido na solução do solo aumentaram ao longo do ciclo da cultura e ocorreu uma redução e estabilização nos valores médios das leituras com o decorrer dos dias após a inundação nos diferentes períodos de avaliação.

PALAVRAS-CHAVE: Cultivar RB867515; Encharcamento; Nível freático.

¹ Doutor em Agronomia, professor do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais (IFNMG), Almanera, Brasil.

² Doutor em Engenharia Agrícola, Professor Associado II da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ/USP, Piracicaba, Brasil.

³ Doutor em Agronomia, professor Associado III da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Brasil.

⁴ Doutorando em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, Brasil.
E-mail: cleyton1959@hotmail.com

⁵ Doutor em Irrigação e Drenagem, Professor Associado II da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - ESALQ/USP, Piracicaba, Brasil.

⁶ Doutor em Engenharia de Sistemas Agrícolas, Professor Adjunto II da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos, Brasil

GAS EXCHANGE IN FLOODED SUGARCANE CULTIVATED AREA AND LATER GROUNDWATER DEMOTION

ABSTRACT: From the agronomic point of view, it is highly relevant to analyze the physiological mechanisms of mesophyte plants under faulty aeration in soil. Current paper quantifies gas exchange in a flooded cultivated sugarcane area and later groundwater demotion during different stages in plant development. An experiment has been undertaken within a protected environment in randomized blocks, 3 x 5 factorial scheme, with factors demotion speed of underground water (0.3 m in 3, 6, 9, 12, 15 days) and 3 development stages (67, 210, 305 days after planting - DAP), with 4 replications. Results show that mean rates of dissolved oxygen in soil solution increased throughout the culture cycle, with a decrease and stabilization in mean rates of reading throughout the post-flooding days within the different evaluation periods.

KEY WORDS: Cultivar RB867515; Waterlogging; Groundwater level.

INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é a *commodity* agrícola que mais cresceu nos últimos anos no Brasil. Além da sua potencialidade econômica, devido à utilização na produção de etanol e de açúcar refinado, com valor econômico elevado, a cultura ainda desempenha grande importância social na geração de empregos e renda, desde o plantio até o seu beneficiamento (BENETT *et al.*, 2012; GALON *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2012).

Existem expressivas áreas produtivas do território brasileiro, potencialmente aptas para o cultivo da cana-de-açúcar, onde há problemas relacionados à deficiência natural de drenagem. Dentre estas áreas destacam-se as várzeas, as áreas localizadas à meia encosta sujeitas à interferência temporária do lençol freático, as situadas em topografia desfavorável sujeitas ao acúmulo temporário de água do escoamento superficial e, ainda, solos em recuperação, degradados pelo manejo excessivo, ou ainda áreas em terras altas cujos solos são de estrutura ou textura que conferem baixa capacidade de infiltração de água, etc. (TAVARES *et al.*, 2017).

Nos solos de várzea, devido à deficiência de drenagem natural, as concentrações de O₂ e CO₂ não são constantes, podendo variar de acordo com a

distribuição, atividades biológicas do solo, espécie cultivada, profundidade e o tipo de solo e as práticas de manejo empregadas no cultivo (CAMARGO *et al.*, 1999).

Quando ocorre o processo de inundação do solo as trocas gasosas entre a atmosfera e o solo são prejudicadas porque o solo pode sofrer hipóxia e até anóxia, já que a água ocupa os poros anteriormente cheios de ar. O escasso oxigênio presente é rapidamente consumido pela respiração de microrganismos e pelas raízes (BAILEY-SERRES *et al.*, 2012). Essas condições de anóxia do solo inundado podem afetar o crescimento das plantas e sua alocação da biomassa (PIEIDADE *et al.*, 2010).

Pesquisas evidenciaram que a sensibilidade da cana-de-açúcar ao excesso de umidade do solo depende, dentre outros fatores, do clima da região e do estágio fenológico em que o encharcamento ocorre (MACHADO *et al.*, 2009; BASSOI *et al.*, 2011). Assim, é necessário identificar o estágio mais restritivo e a velocidade média mínima de rebaixamento do lençol capaz de não comprometer a produtividade da cultura explorada (CALHEIROS *et al.*, 2000; VIEIRA *et al.*, 2012).

Nesse sentido, objetivou-se neste trabalho avaliar as trocas gasosas que ocorrem em ambiente protegido cultivado com cana-de-açúcar sob inundação e posterior rebaixamento do lençol freático durante os diferentes estádios de desenvolvimento da planta.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido do Departamento de Engenharia de Biosistemas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), no município de Piracicaba (SP) (22° 42’ de latitude sul e 47° 38’ de longitude oeste e altitude de 540 m). Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo CWa, isto é, tropical úmido, com 3 meses mais secos (junho, julho e agosto), ocorrendo chuvas de verão e secas de inverno, apresentando temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C e do mês mais frio inferior a 18 °C.

A cana-de-açúcar (Cultivar RB867515) foi cultivada em lisímetros de drenagem, com 1,2 m de altura e 0,5 m de diâmetro, e área útil plantada de 0,20 m², sendo o volume útil de 240 litros, onde cada lisímetro representava uma unidade experimental. Para a admissão de água e da drenagem, foram feitos orifícios, próximo

à base dos lisímetros, inseridos tubos de PVC de 19 mm de diâmetro, vedados com massa epóxi e veda calha. Os tubos tinham um comprimento de 0,60 m, com furos de 5 mm de diâmetro em seu perímetro, espaçados entre si de 0,05 m

O solo utilizado no preenchimento dos lisímetros foi coletado em um Latossolo Vermelho Amarelo, de textura franco-arenosa, presente no campus da ESALQ/USP, denominado Série Sertãozinho, retirado do seu perfil natural na profundidade de 0 a 0,50 m. Com coleta de amostras deformadas foram determinados os atributos químicos e físicos do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Análise granulométrica e química do solo utilizado no preenchimento dos lisímetros

Areia (%)		Silte (%)				Argila (%)			Densidade de partículas (g dm ⁻³)			
78		4				18			2,86			
pH	M.O	P	S	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	M
	g dm ⁻³	mg dm ⁻³		-----mmol _c dm ⁻³ -----						%		
4,2	8	2	20	3,6	7	3	6	20	13,6	33,6	40	31

A calagem do solo foi realizada na ocasião do preenchimento dos lisímetros, aplicando-se 2 Mg ha⁻¹ de calcário dolomítico (40 g por lisímetro), homogeneizado ao solo em camadas a partir dos 0,50 m, de baixo para cima, corrigindo uma camada total de solo de 0,30 m.

A adubação química foi aplicada em 3 parcelas. Utilizou-se as seguintes doses por hectare: 67 kg de nitrogênio, 180 kg de P₂O₅ e 225 kg de K₂O, o que correspondeu a 10,5; 20 e 10 g por lisímetro, respectivamente. A adubação fosfatada foi feita toda no plantio, utilizando o fertilizante superfosfato simples (18% de P₂O₅). O nitrogênio e o potássio foram aplicados em três coberturas aos 40, 110 e 220 DAP, utilizando o nitrato de potássio (45% de K₂O e 13% de N). Aos 150 DAP foram incorporados 5 kg de matéria orgânica na forma de esterco de bovino em cada parcela, de modo a melhorar a aeração na camada superficial do solo, melhorando

sua estrutura e também proporcionando a redução da temperatura superficial do solo.

Irrigou-se a cana-de-açúcar durante todo o seu ciclo via sistema de sub-irrigação, exceto nos períodos em que os tratamentos com inundação foram aplicados, garantindo que as diferenças obtidas fossem proporcionadas apenas pelo estresse por excesso de umidade (hipóxia). Após a aplicação dos tratamentos, rebaixou-se o NF até a 0,80 m da superfície do solo e a irrigação destas plantas recomençava no momento em que o valor das leituras dos tensiômetros instalados a 0,30 m de profundidade nos lisímetros atingia o valor de 50 kPa.

Os períodos de avaliação aconteceram aos 67 (P1), 210 (P2) e 305 (P3) DAP, onde monitorou-se o potencial de oxigênio dissolvido na solução do solo, presente nos poços de observação, nas parcelas submetidas à inundação e posterior rebaixamento do NF (V) de 0,3 m em 3, 6, 9, 12 e 15 dias após a inundação, durante 9 dias consecutivos, obtendo as seguintes combinações: P1V1, P1V2, P1V3, P1V4, P1V5, P2V1, P2V2, P2V3, P2V4, P2V5, P3V1, P3V2, P3V3, P3V4 e P3V5.

O oxigênio dissolvido foi medido com um Oxímetro Portátil (OD) de Campo e Laboratório, modelo DM-4P com uma célula de OD, modelo DM-C01, faixa de medição de 0 a 60 mg L⁻¹. Este possui uma célula eletrolítica, com um cátodo de platina e um ânodo tubular de prata que estão separados por resina epóxi fundida. Ambos estão imersos em eletrólito e o conjunto está isolado por uma membrana de PTFE permeável a gases.

Para determinação do oxigênio dissolvido por meio do oxímetro portátil aplicou-se uma diferença de potencial de polarização entre o ânodo e o cátodo. O oxigênio da amostra se difundiu através da membrana, reduzindo-se no cátodo e formando no ânodo o produto da oxidação. A corrente resultante foi proporcional à quantidade de oxigênio presente.

Os dados foram analisados por meio da análise de variância empregando-se o teste F e quando houve significância aplicou-se o de Tukey em nível de 5% de probabilidade para comparar as médias obtidas da causa de variação caracterizado como qualitativo (tratamentos, período e dias) e análise de regressão para os efeitos das velocidades.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A principal consequência do encharcamento do solo é a diminuição da concentração de oxigênio, o que dificulta a respiração radicular e acarreta outros problemas, como parada do processo ativo de absorção de nutrientes (o qual depende da respiração) e ocorrência de respiração anaeróbia pela planta e pelos microrganismos do solo, causando acúmulo de substâncias tóxicas como metano, etileno e gás sulfídrico (PIRES *et al.*, 2002).

O resultado da análise de variância dos valores médios de oxigênio dissolvido na solução do solo, amostrado em poços de observação instalados nas parcelas experimentais, é apresentado na Tabela 2. Dentre as causas de variação que compõem a tabela apresentaram significância os tratamentos, períodos, dias, interação tratamentos*dias e interação períodos*dias.

Tabela 2. Análise de variância dos teores de oxigênio dissolvido (OD), medido nas parcelas submetidas ao encharcamento com o rebaixamento do NF a uma profundidade de 0,3 m em 3, 6, 9, 12 e 15 dias nos períodos de 67, 210 e 305 dias após o plantio

Causas de variação	OD	
	GL	QM
Tratamentos	14	7,32**
Períodos	2	13,85**
Velocidades	4	2,80 ^{ns}
Dias	8	18,89**
Tratamentos*Dias	120	5,18**
Períodos*Dias	16	12,94**
Blocos	3	7,95 ^{ns}
Resíduo	402	3,24
Total	539	
CV (%)		58,00
Média geral		3,12

** significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F.

^{ns} não significativo ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste F.

Os teores médios de oxigênio dissolvido nos poços de observação presentes nas parcelas nas quais foram aplicados os tratamentos estão dispostos na Figura 1.

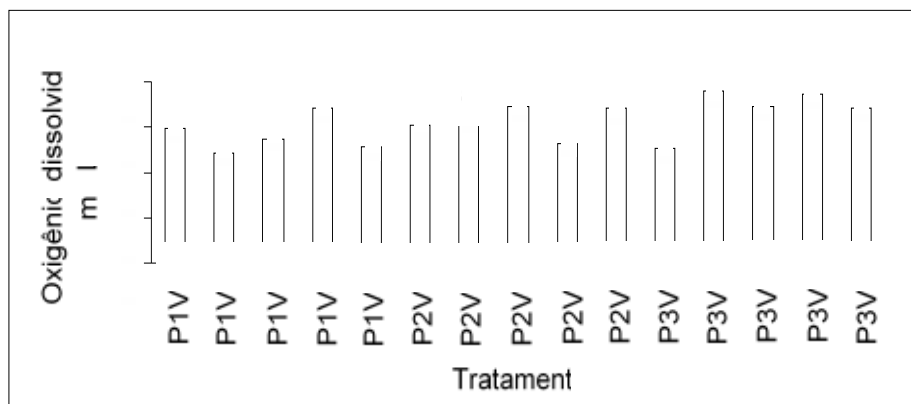


Figura 1. Verificou-se por meio da aplicação do teste de Tukey ($p < 0,05$) que os tratamentos não apresentaram diferenças significativas entre si, sendo observados valores médios compreendidos entre $2,44 \text{ mg L}^{-1}$, para a combinação do estresse devido ao rebaixamento de $0,3 \text{ m}$ em 3 dias ocorrido aos 67 DAP, e $3,79 \text{ mg L}^{-1}$, combinando o rebaixamento de $0,3 \text{ m}$ em 6 dias no período de 305 DAP. Ressalta-se que apesar do teste F apontar significância para o fator “tratamentos”, o coeficiente de variação foi muito elevado para esse fator ($35,62\%$). Dessa forma, o teste de média perdeu a sensibilidade.

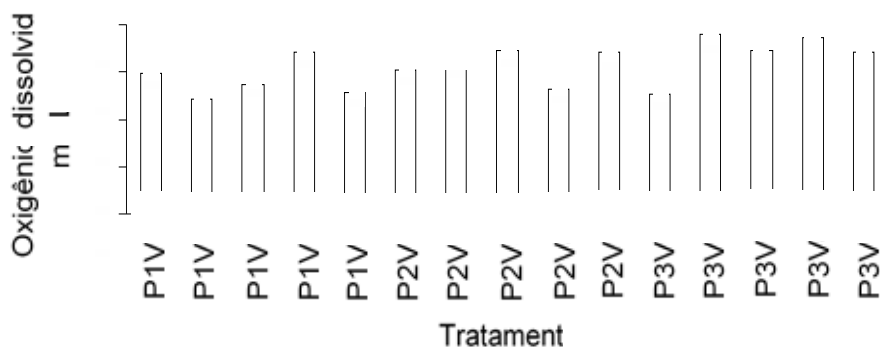


Figura 2. Teor médio de oxigênio dissolvido nos poços de observação das parcelas experimentais submetidas aos diferentes tratamentos. Médias seguidas da mesma letra, entre os tratamentos, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Hasan *et al.* (2003) avaliaram o crescimento e a produção de cultivares de cana-de-açúcar em condições de inundação do solo e concluíram que, devido à potencialidade genética de algumas cultivares testadas, apresentaram desempenho semelhante ao cultivo normal em termos de qualidade, rendimento e crescimento.

Islam *et al.* (2011) afirmam que o efeito do estresse da inundação do solo sob a cana-de-açúcar pode reduzir a taxa de crescimento e produção da cultura.

A Figura 2 evidencia que os valores médios de oxigênio dissolvido na solução do solo observados no terceiro período de avaliação - 305 DAP ($3,38 \text{ mg L}^{-1}$), foram superiores estatisticamente aos teores médios resultantes das leituras feitas aos 67 DAP ($2,82 \text{ mg L}^{-1}$). No entanto, não se observa diferença estatística entre esses valores e os encontrados aos 210 DAP. Ressalta-se que as condições climáticas nos períodos de avaliação foram distintas; aos 67 DAP a temperatura do ar oscilou entre 20 e 35 °C; ao passo que aos 210 DAP, a oscilação ficou entre 10 e 25 °C; e aos 305 DAP entre 12 e 33 °C. As leituras foram feitas no horário mais quente do dia com objetivo de caracterizar uma condição extrema.

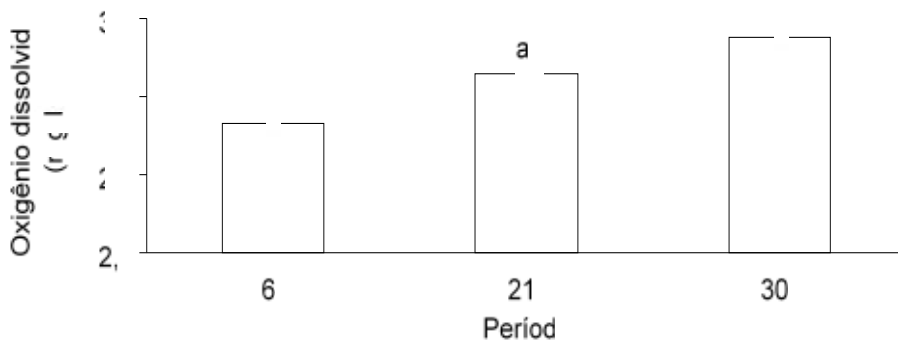


Figura 2. Teor médio de oxigênio dissolvido nos poços de observação nas parcelas experimentais submetidas aos diferentes períodos de inundação ao longo do ciclo cultural da cana. Médias seguidas da mesma letra, entre os períodos, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Após essa caracterização podemos dizer que a distribuição dos teores médios de oxigênio dissolvido na solução do solo foi influenciada pela temperatura, pois de acordo com Fiorucci e Benedetti Filho (2005) a temperatura é o fator mais importante que atua no controle da solubilidade do O_2 na água. Como a solubilidade dos gases em água diminui com a elevação da temperatura, a quantidade de oxigênio que se dissolve a 0 °C ($14,2 \text{ mg L}^{-1}$) é mais do que o dobro da que se dissolve a 35 °C ($7,0 \text{ mg L}^{-1}$).

A presença de fertilizantes no solo resultante da calagem, fosfatagem e adubação de cobertura com nitrogênio e potássio, podem também ter influenciado na concentração de oxigênio dissolvido. Fiorucci e Benedetti Filho (2005) ressaltam que, embora insignificante quando comparada à temperatura, a salinidade também influencia nos teores de oxigênio dissolvido na água, uma vez que o aumento da salinidade acarreta na diminuição da solubilidade do O_2 .

Os teores médios de oxigênio dissolvido ao longo dos dias de avaliação oscilaram entre 4,4 e 2,5 $mg L^{-1}$ do primeiro para o terceiro dia de avaliação (Figura 3). A partir do quarto dia de avaliação observa-se uma estabilização dos valores das leituras obtidas, independente da profundidade ao qual o nível freático se encontra. Esses valores são considerados baixos e corroboram com as observações feitas por Fiorucci e Benedetti Filho (2005), nos quais os autores afirmam que a água estagnada ou a que se situa próximo ao fundo está, com frequência, quase completamente sem oxigênio, devido à sua reação com a matéria orgânica e à falta de qualquer mecanismo que possibilite sua reposição com rapidez, já que a difusão, possível forma de reposição de O_2 , é um processo lento.

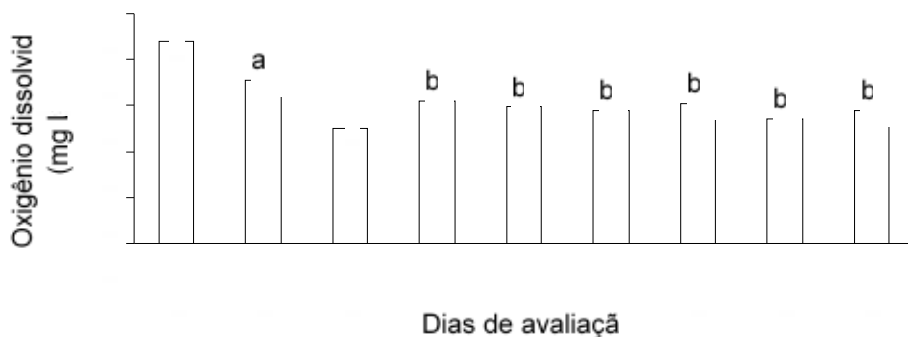


Figura 3. Teor médio de oxigênio dissolvido nos poços de observação nas parcelas experimentais ao longo dos sucessivos dias de avaliação. Médias seguidas da mesma letra, entre os dias de avaliação, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O intuito de avaliar o teor de oxigênio dissolvido foi de relacionar os teores obtidos com a condição de alagamento das parcelas, uma vez que segundo Janzen *et al.* (2008), o consumo de oxigênio para a decomposição da matéria orgânica e

a respiração realizada pelo ecossistema aquático colaboram para a diminuição da quantidade de oxigênio dissolvido na água.

As parcelas experimentais além de submetidas à inundação a partir dos 150 DAP também se submeteram à deposição de um volume de material orgânico, de forma a melhorar as condições experimentais. Era de se esperar que no início dos períodos em que aconteciam as inundações, ou seja, nos primeiros dias do estresse, quando o NF estava em contato com o material orgânico, o teor de oxigênio dissolvido reduzisse, no entanto, isso não ocorreu. Na verdade aconteceu o contrário, pois foi no primeiro dia de inundação que o teor de oxigênio dissolvido atingiu o maior valor ($4,41 \text{ mg L}^{-1}$), como pode ser verificado na Figura 4.

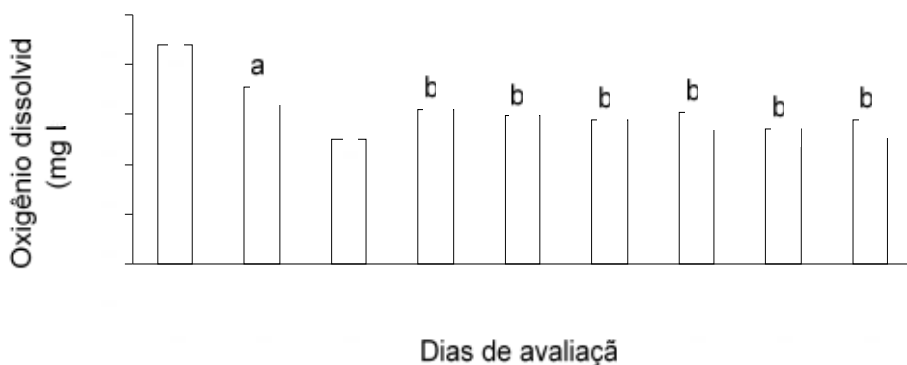


Figura 4. Oxigênio e dias de avaliação

A Figura 4.1 apresenta os valores médios de oxigênio dissolvido obtido nas parcelas que continham as plantas que estiveram submetidas à inundação e posterior rebaixamento do NF em 0,3 m com velocidades de 3, 6, 9, 12 e 15 dias aplicadas aos 67 DAP. Observa-se que com exceção do tratamento P1V4 (Figura 4D), que apresentou teores médios de $8,55 \text{ mg L}^{-1}$, sendo esse valor superior aos valores médios lidos nos dias 3, 6, 7, 8 e 9 de avaliação, nos demais tratamentos não foram detectadas diferenças estatísticas nos diferentes dias de avaliação.

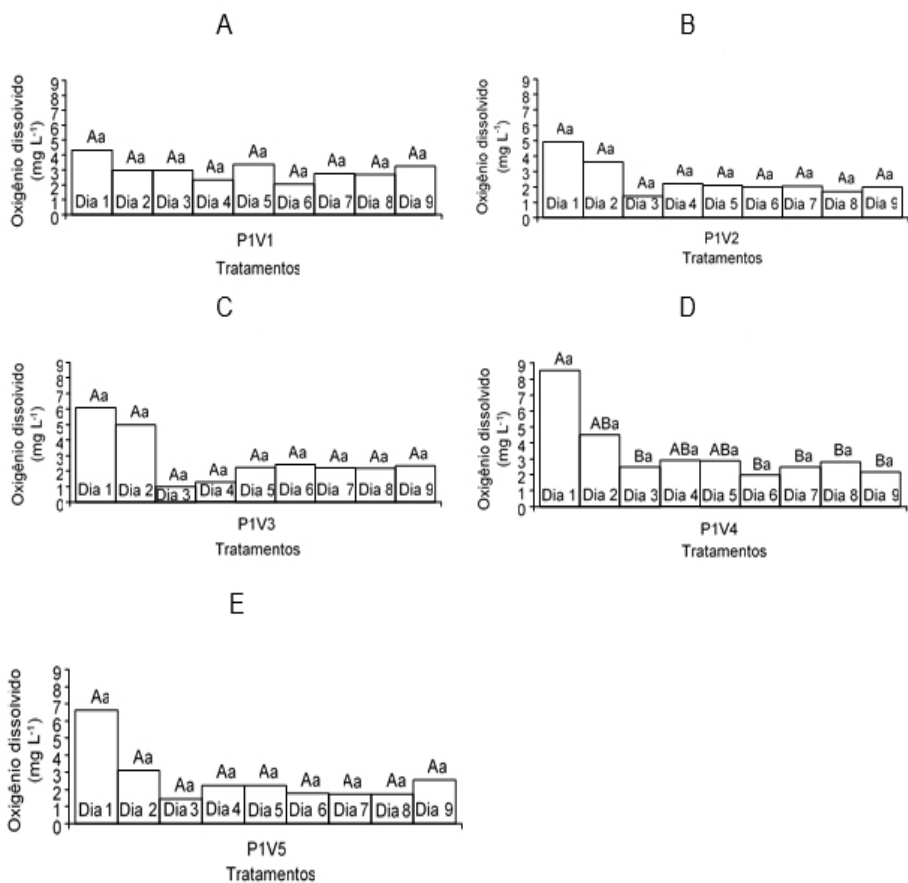


Figura 4.1 Teor médio de oxigênio dissolvido nos poços de observação nas parcelas experimentais submetidas aos diferentes tratamentos (período x velocidade) ao longo dos dias de avaliação para os tratamentos P1V1 (A), P1V2 (B), P1V3 (C), P1V4 (D) e P1V5 (E) aos 67 DAP.

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As letras minúsculas comparam as médias dos tratamentos nos diferentes dias de avaliação e as maiúsculas comparam as médias dos dias de avaliação dentro de cada tratamento.

As respostas aos efeitos do encharcamento do solo são descritos na literatura para outras espécies (DAVANSO *et al.*, 2002; FERREIRA *et al.*, 2008; GARCIA *et al.*, 2010), embora, muitas vezes, as adaptações das plantas sejam suficientes para mantê-las vivas e até mesmo produzindo, como observado por Pires *et al.* (2002) em plantas de soja. Estes autores destacam que o comportamento das espécies aos efeitos do

encharcamento é dependente das características botânicas entre as espécies, ou seja, da sua tolerância ou sensibilidade à deficiência de oxigênio.

A Figura 5 apresenta a comparação entre os teores médios de oxigênio dissolvido resultante da interação Períodos*Dias. Com exceção do primeiro dia de inundação aos 67 DAP, todas as leituras, entre períodos e dentro de cada período para os dias de avaliação, apresentaram teores médios de oxigênio dissolvido estatisticamente iguais.

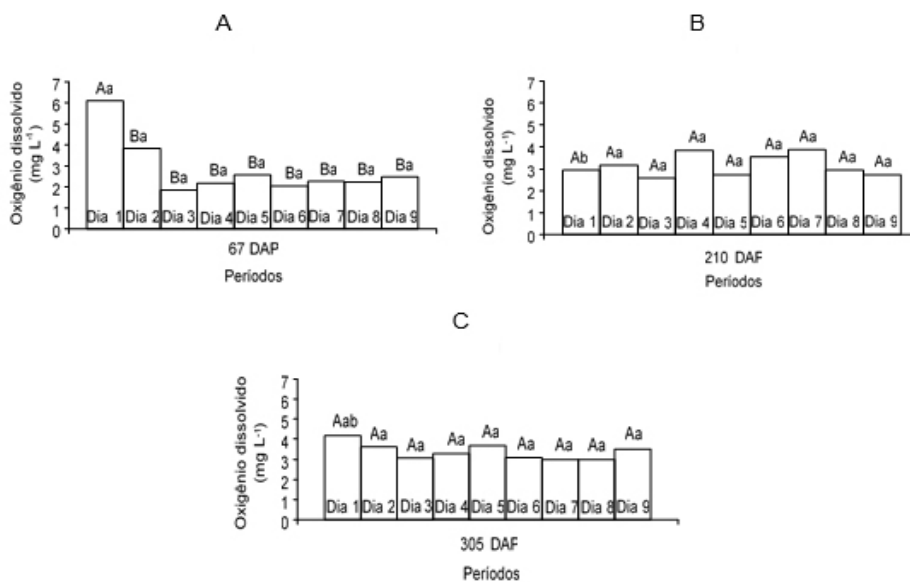


Figura 5. Teor médio de oxigênio dissolvido nos poços de observação nas parcelas experimentais nos diferentes de períodos de encharcamento submetidas a diferentes velocidades de rebaixamento do NF ao longo dos dias de avaliação para os períodos 67 DAP (A), 210 DAP (B) e 305 DAP (C).

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As letras minúsculas comparam as médias dos períodos nos diferentes dias de avaliação e as maiúsculas comparam as médias dos dias de avaliação dentro de cada período.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em solos cultivados com cana-de-açúcar submetidos à inundação e posterior rebaixamento do nível freático, os valores médios de oxigênio dissolvido na solução do solo aumentam ao longo do ciclo da planta, havendo uma tendência de redução e estabilização nos valores com o decorrer dos dias em que ocorreu a inundação.

REFERÊNCIAS

- BAILEY-SERRES, J.; FUKAO, T.; GIBBS, D. J.; HOLDSWORTH, M. J.; LEE, S. C.; LICHAUSI, F.; PERATA, P.; VOESENEK, L. A. C. J.; VAN DONGEN, J. T. Making sense of flow oxygen sensing. **Trends in Plant Science**, v. 17, n. 3, p. 129-138, 2012.
- BASSOI, L. H.; GONÇALVES, S. O.; SANTOS, A. R. L.; SILVA, J. A.; LIMA, A. C. M. Influência de manejos de irrigação sobre aspectos de ecofisiologia e de produção da videira cv. Syrah/Paulsen 1103. **Irriga**, v. 16, n. 4, p. 395-402, 2011.
- BENETT, C. G. S.; BUZETTI, S.; SILVA, K. S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; PARIZ, C. M.; MAEDA, A. S.; GARCIA, C. M. P. Qualidade e produtividade da cana planta e cana soca e m função de doses e fontes de manganês. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 2, p. 198-205, 2012.
- CALHEIROS, R. O.; CRUCIANI, D. E.; ARRUDA, F. B.; VOLTAN, R. B. Q.; SAKAI, E.; PIRES, R. C. M. Efeito do manejo do lençol freático na adaptação fisiomorfológica de duas espécies de trigo ao encharcamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 194-202, 2000.
- CAMARGO, F. A. O.; SANTOS, G. A.; ZONTA, E. Alterações eletroquímicas em solos inundados. **Ciência Rural**, v. 29, n. 1, p. 171-180, 1999.
- DAVANSO, V. M.; SOUZA, L. A.; MEDRI, M. E.; PIMENTA, J. A.; BIANCHINI, E. Photosynthesis, growth and development of *Tabebuia avellanada* Lor. Ex. Griseb (Bignoniaceae) in flooded soil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 45, n. 3, p. 375-384, 2002.

FERREIRA, J. L.; MAGALHÃES, P. C.; BORÉM, A. Avaliação de três características fisiológicas em 4 ciclos de seleção no cultivar de milho BRS-4154 sob solo encharcado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 6, p. 1719-1723, 2008.

FIORUCCI, A. R.; BENEDETTI FILHO, E. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Química Nova na Escola**, n. 22, p. 1-7, 2005.

GARCIA, G. O.; FERREIRA, P. A.; FIGUEIREDO, W. S. C.; SANTOS, D. B. Fator de susceptibilidade e produtividade da ervilha para diferentes alturas de lençol freático. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 2, p. 265-271, 2010.

HASAN, M. F.; ALAM, M. R.; JABBER, M. A.; BEGUM, M. K.; MIAH, M. A. S. Effects of water-logging on juice quality and yield of sugarcane. **Pakistan Journal of biological sciences**, v. 6, n. 13, p. 1151-1155, 2003.

ISLAM, M. S.; MIAH, M. A. S.; BEGUM, M. K.; ALAM, M. R.; AREFIN, M. S. Growth, yield and juice quality of some selected sugarcane clones under water-logging stress condition. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 7, n. 4, p. 504-509, 2011.

JANZEN, J. G.; SCHULZ, H. E.; LAMON, A. W. Medidas de oxigênio dissolvido na superfície da água. **Engenharia sanitária e ambiental**, v. 13, n. 3, p. 278-283, 2008.

GALON, L.; TIRONI, S. P.; SILVA, A. F.; BEUTLER, A. N.; ROCHA, P. R. R.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. A. Disponibilidade de macronutrientes em cultivares de cana-de-açúcar submetidas à competição com *Brachiaria brizantha*. **Ciência Rural**, v. 42, n. 8, 2012.

MACHADO, R. S.; RIBEIRO, R. V.; MARCHIORI, P. E. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E. C.; LANDELL, M. G. A. Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1575-1582, 2009.

PIEPADE, M. T. F.; FERREIRA, C. S.; WITTMANN, A. O.; BUCKERIDE, M.; PAROLIN, P. Biochemistry of Amazonian floodplain trees. **Amazonian Floodplain Forests**, v. 210, p. 127-139, 2010.

PIRES, J. L. F.; SOPRANO, E.; CASSOL, B. Adaptações morfofisiológicas da soja em solo inundado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 1, p. 41-50, 2002.

TAVARES, A. C. S.; DUARTE, S. N.; DIAS, S. N.; MIRANDA, J. H.; GOMES, J. W. S.; FERNANDES, C. S. Parâmetros hídrico, químico e climático em ambiente cultivado com cana-de-açúcar sob excesso de água no solo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 11, n. 3, p. 1438-1447, 2017.

SILVA, T. G. F.; MOURA, M. S. B.; ZOLNIER, S.; SOARES, J. M.; VIEIRA, V. J. S.; WALTER JUNIOR, G. F. Requerimento hídrico e coeficiente de cultura da cana-de-açúcar irrigada no semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 64-71, 2012.

VIEIRA, G. H. S.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; COSTA, E. L.; DELAZARI, F. T. Produtividade de colmos e rendimento de açúcares da cana-de-açúcar em função de lâminas de água. **Irriga**, v. 17, n. 2, p. 234-244, 2012.

Recebido em: 10/09/2017

Aceito em: 07/03/2019